

大学物理实验综合性与设计性实验项目探索

黄贞*, 曾桂芳, 钟万城, 沈莉红

岭南师范学院物理科学与技术学院, 广东 湛江

收稿日期: 2024年3月7日; 录用日期: 2024年4月19日; 发布日期: 2024年4月28日

摘要

大学物理实验对提升学生创新能力具有重要作用, 而构建综合性与设计性实验项目是开设大学物理实验创新性的基础。本文基于OBE理念, 以成果、创新能力需求为导向综合性与设计性实验的教学目标、以学生为中心设计实验教学过程, 构建大学物理实验综合性与设计性实验项目, 建立了“项目式教学、团队创新、量表评价”的三位一体式大学物理实验综合性与设计性实验项目构建思路。以团队项目式教学为本体, 对创新方法在实验中的应用进行指导; 以团队创新为基础, 提升学生实验自主性; 以量表评价机制, 构建多维度评价学生创新实验考核方法, 保障实验教学目标的实现。同时以“透明液体浓度测量”实验为例, 详细介绍了对大学物理实验综合性与设计性实验的探索, 为大学物理实验教学改革提供参考模式。

关键词

大学物理实验, 综合性与设计性实验, 创新能力和团队协作能力培养, 教学模式, 实验项目探索

Exploration of Comprehensive and Designed Experimental Projects in University Physics Experiment Course

Zhen Huang*, Guifang Zeng, Wancheng Zhong, Lihong Shen

School of Physics Science and Technology, Lingnan Normal University, Zhanjiang Guangdong

Received: Mar. 7th, 2024; accepted: Apr. 19th, 2024; published: Apr. 28th, 2024

Abstract

University physics experiments play an important role in improving students' innovative abilities,

*通讯作者。

文章引用: 黄贞, 曾桂芳, 钟万城, 沈莉红. 大学物理实验综合性与设计性实验项目探索[J]. 创新教育研究, 2024, 12(4): 466-472. DOI: 10.12677/ces.2024.124239

and building comprehensive and designed experimental projects is the basis for establishing innovative university physics experiment courses. Based on the OBE concept, the teaching objectives of comprehensive and designed experiments are guided by results and innovation ability needs, and the experimental teaching process is designed with students as the center. The trinity thought of “project-based teaching, team innovation, and scale evaluation” for constructing comprehensive and designed experimental projects in university physics experiment courses is established. Based on team project teaching, we provide guidance on the application of innovative methods in experiments; on the basis of team innovation, we improve students’ experimental autonomy; on the basis of a scale evaluation mechanism, we build a multi-dimensional evaluation method for students’ innovative experiments to ensure the realization of experimental teaching objectives. Meanwhile, taking the “Young’s modulus measurement” experiment as examples, the exploration of comprehensive and designed experiments in university physics experiment courses is introduced in detail, which provides a reference model for the reform of university physics experiment teaching.

Keywords

Physics Experiment Course, Comprehensive and Designed Experiments, Cultivation of Innovation and Teamwork Capabilities, Teaching Method, Exploration of Experimental Projects

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

大学物理实验是培养理工类大学生用实验方法,通过实验提高发现、分析和解决物理问题的能力;是锻炼学生动手能力、创新思维的重要课程;是高等理工院校对学生进行科学实验基本训练的必修基础课程,是本科生接受系统实验方法和实验技术训练的开端[1] [2]。2023年教育部《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》结合物理实验教学的分层次要求,把物理实验项目分成基础性实验、综合性与设计性实验和虚拟仿真实验三个部分[3]。其中综合性与设计性实验是大学物理实验项目的一个重要组成部分。随着教育改革,国内外对普通物理实验的程序日益加深,为提高学生的分析能力和创新能力,针对大学物理实验课程的教学改革也在持续开展。李延指出了新形势下普通高校大学物理实验的教学主要存在教学模式单一、考核方式单一等问题,并指出创新物理实验项目、多元结合考核等对策[4]。刘文彦和王显德提出了建设自主创新实践平台的设计,打造以教学为主,科研为导向的学生自助式实验实践平台[5]。彭乐青提出了“虚拟仿真+在线开放+开放教学管理”的大学物理实验教学改革[6]。针对实验项目陈旧问题,哈尔滨工业大学的钟瑞等人,开发高速光纤通信技术的物理原理等实验,开展竞赛与科研相结合的教学模式,提升学生学习积极性和主动性,实现了科技型人才的创新训练向本科阶段前移[7]。从这些大学物理实验教学改革中看到,创新设计实验、重视创新能力是本课程教学改革的重要方向。OBE教学理论根据成果、目标导向教育,契合大学物理实验教学改革。本文基于OBE理念,以成果、创新能力需求为导向综合性与设计性实验的教学目标、以学生为中心设计实验教学过程,构建大学物理实验综合性与设计性实验项目,并就大学物理实验综合性与设计性实验项目的构建思路、实验指导、教学方法、实施方法、考核方法等方面研究综合性与设计性实验项目设计,同时以“透明液体浓度测量”实验为例,详细介绍了对大学物理实验综合性与设计性实验的探索,为大学物理实验教学改革提供参考模式。

2. 综合性与设计性实验项目构建思路

根据教育部《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》，建立综合性与设计性实验项目构建思路为：结合主动学习理论与基础性实验基础，建构综合性实验理论与技能应用机制，开展项目式教学、激发学生的内驱力，让学生在驱动力作用下自主地投入实验中，进行团队创新，同时细化评价量表，构建多维度评价学生创新实验考核方法，保障实验教学目标的实现，增强实验教学效果。根据上述构建思路，建立了“项目式教学、团队创新、量表评价”的三位一体式大学物理实验综合性与设计性实验项目建设思路，如图 1 所示。

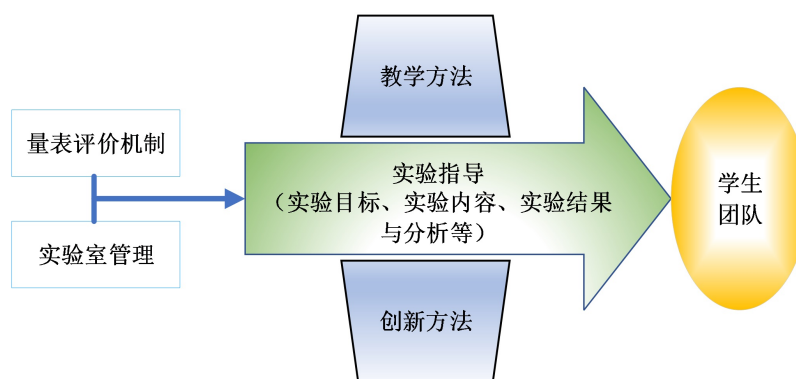


Figure 1. Construction ideas of comprehensive and designed experimental projects
图 1. 综合性与设计性实验项目建设思路

3. 实验指导的构建

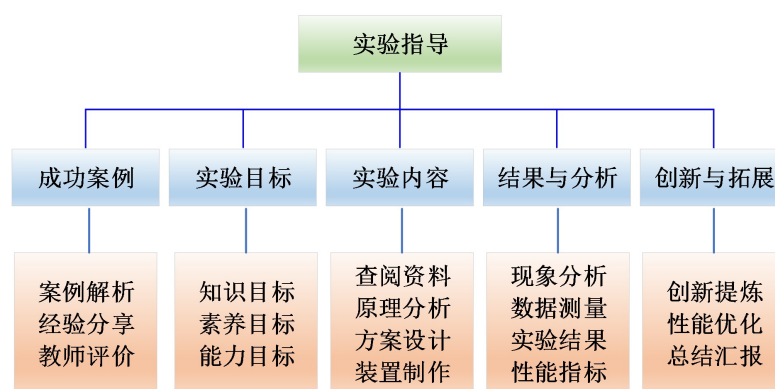


Figure 2. Construction of experimental guidance for comprehensive and designed experimental projects
图 2. 综合性与设计性实验项目实验指导的构建

综合性与设计性实验项目其特点在于充分调动学生的团队协作意识和综合素质，要求学生具备综合运用多学科知识的能力，通过综合性与设计性实验项目的开展和训练，最终使学生具有活跃的创新意识、理论联系实际的能力、具有较强的动手能力、仪器开发能力和团队协作能力。因此，对于实验指导的构建，我们打破物理实验传统思维，仅在实验目标和实验结果两方面给出具体的要求。基于 OEB 教学理念，以成果和创新能力需求为导向构建教学目标，从知识目标、素养目标和能力目标三方面入手，明确大学物理综合性与设计性实验的学习成果，设计实验目标，如图 2 所示。在实验内容、实验结果的分析、实验实施过程等方面，为学生的创新给出一些思路，给学生的思维和自由设计实验留出广阔的空

间。在综合性与设计性实验环节开始之前,结合当年物理学前沿热点、全国大学生物理实验竞赛(创新)命题、指导教师科研关注点等方面,教师给出4道实验项目。以“透明液体浓度测量”为例,该实验具体的指导构建如表1所示。

Table 1. Experimental guide construction of “Transparent liquid concentration measurement”

表 1. “透明液体浓度测量”实验指导构建

| 实验项目: 透明液体浓度测量 | |
|----------------|---|
| 实验目标 | 1. 知识目标: (1) 设计制作一种表征并测量透明液体浓度的装置; (2) 测量透明液体浓度。 2. 素养目标: 团队合作意识和协作精神。 3. 能力目标: 理论联系实际的能力、分析能力、创新能力、动手能力。 |
| 实验内容 | 通过查阅资料完成透明液体浓度测量的文献综述,汇报并进行原理分析、确定研究实验原理和研究目标、进行方案设计,再根据现有实验条件制作相关的实验装置。 |
| 结果与分析 | 观察透明液体浓度测量的实验现象,记录测量数据,分析实验结果、讨论浓度测量不确定度、总结装置在浓度测量方面的性能,如测量范围、测量分辨率、液体类型等。 |
| 创新与拓展 | 撰写研究报告,凝练创新点,浓度测量装置性能优化拓展,制作PPT和视频,总结汇报成果。 |

4. 实验教学方法

Table 2. Quantity and price evaluation form

表 2. 评价量表

| 评价维度 | 优秀 | 合格 | 不合格 |
|------|--|---|--|
| 知识学习 | 态度端正,基础知识和文献调研准备充分,对教师的题目解析有较强的理解与掌握。能够灵活应用多学科知识和新知识开展实验项目。实验项目意义深刻,有创新点,能结合近期时事热点,具有时代特点,具有深刻的应用意义。研究报告,PPT和视频撰写制作严谨完善。 | 态度端正,基础知识和文献调研准备不充分,能够理解教师的题目解析。不能灵活应用多学科知识和新知识开展实验项目。实验项目基本完成。研究报告,PPT和视频撰写制作完整。 | 学习态度不端正,不认真听教师的题目解析。未完成文献调研、无法应用多学科知识开展实验。与预期结果存在一定距离。研究报告,PPT和视频撰写制作存在缺陷。 |
| 素养学习 | 积极与同学交流、选择实验项目、组队。团队合作意识和协作精神强、积极沟通与交流、主动承担团队项目实施任务;积极参与设计与讨论;分工明确,形成高效的合作方式,具有良好的团队氛围。项目汇报总结条理清晰、目的明确。 | 被动与同学交流、选择实验项目、被动组队。被动接受团队项目任务、参与设计与方案讨论,但不积极主动,合作效率一般。项目汇报总结条理清晰、目的明确。 | 无法与同学交流或没有组队。不参与项目实施过程或较少参与或不参与设计与方案讨论,团队意识欠缺。不能形成有效的合作,效率低。 |
| 能力学习 | 具有较强的理论联系实际的能力、发现问题与解决问题的能力。具有活跃的创新思维,所完成项目具有较强的创新性。实物结构稳定,运行流畅,结果精准。实验结果超过预期。 | 具有良好的理论联系实际的能力、发现问题与解决问题的能力。具有一定的创新思维,所完成的项目有一定的研究深度。实物结构基本稳定,运行稳定,获得预期的实验结果。 | 不具有理论联系实际的能力、发现问题与解决问题的能力。所完成的项目已有相似内容,无创新点。实物结构不稳定,运行不稳定,未能达到预期实验结果。 |

基于OBE教育理念,以学生为本,实现对学生的知识传授、团队素养和创新能力培养,实现实验教学目标,应用项目式教学模式,在大学物理实验课程中开展综合性与设计性实验教学活动。同时充分考虑每个学生的个体差异、培养团队协作、团队创新精神,设计出了“团队项目式”的教学模式,具体教学流程,如图3所示。项目准备阶段,首先由学生自由组队并选定项目组长,接着由项目组长带领团队进行实验项目的选择,确定实验项目之后,由指导教师为每组同学进行详细的项目解析,指出实验目标

与要求。项目实施阶段，主要以学生团队为主，首先通过资料查询、文献调研等方式，分析该项目的国内外发展现状，讨论可选的实验原理、制定详细的项目计划、设计实验方案、通过团队交流开展可行性分析等。在这个阶段，教师的作用为引导和指导，为学生介绍成果案例以供参考、为学生提供必要的指导和支持，帮助学生解决一些思路拓展方面的问题。同时启发学生灵感、引导学生开展创新分析，初步测试评价学生团队开展项目的准入许可。若项目设计没有得到许可，引导学生调整方案。当项目获得准入许可，学生团队自主进入实验室开展项目、学生团队之间、团队成员之间交叉讨论、定期进行项目进展汇报。指导教师点评各团队的阶段性成果。项目完成后，由项目团队撰写一份研究报告，制作答辩 PPT 和视频，汇报项目的实验原理、实验结果和项目成果等。对于项目完成的评价，采用量表评价法(表 2)。此外，在实验项目完成后，鼓励学生进行项目拓展，学生团队对项目进一步优化后，通过参加比赛、申请专利、发表论文等多种方式展示实验项目成果。

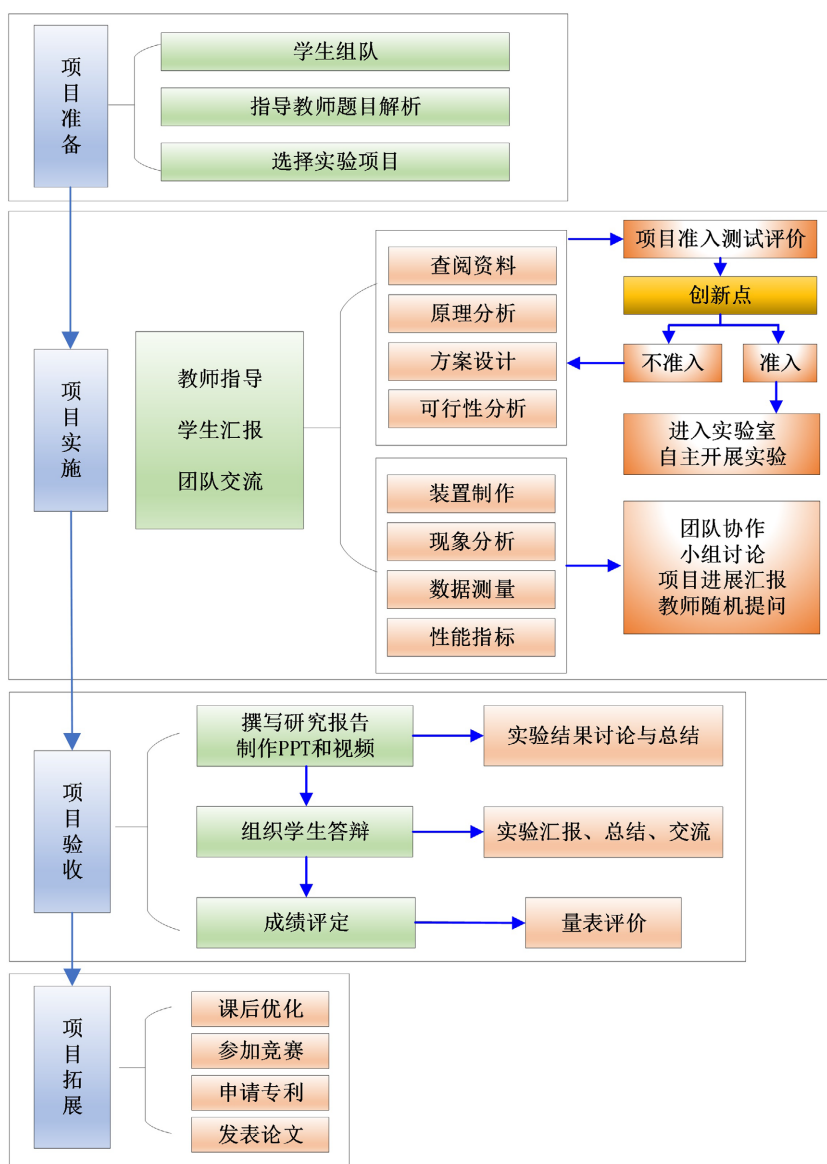


Figure 3. Teaching model of “Team project-based”

图 3. “团队项目式”的教学模式

5. 评价量表

基于 OBE 教育理念, 对学生进行综合性与设计性实验的评价聚集在学习成果上。由于团队项目式教学过程, 学生以团队形式完成实验项目, 为了看到每个学生个体的学习进步, 根据每个学生在项目实施过程中的表现, 针对性地进行评价, 因此采用评价量表, 不仅直观把握团队中每个学生的学习进度, 而且清晰提供了团队项目评价标准。根据“团队项目式”的教学流程, 设计 3 个维度 3 个层次评价标准。3 个维度分别为: 知识学习、素养学习和能力学习。3 个维度与实验目标的 3 个目标相呼应。知识学习维度主要评价学生对物理基本知识的掌握程度、对多科学知识的掌握程度、和对新知识的学习程度。素养学习维度, 重点评价学生的团队合作意识和协作精神、团队学习的态度。能力学习维度, 重点考查学生的理论联系实际的能力、分析能力、创新能力、动手能力。3 个层次分别为: 优秀、合格和不合格。评价量表如表 2 所示。项目式教学过程中, 以学生为本, 项目团队成员对整个项目实施过程最熟悉, 因此在评价方面, 也充分发挥学生主体作用, 这个评价量表由项目团队成员相互评价, 同时教师也为每位学生进行评价。

6. 教学成效

通过上述大学物理实验综合性与设计性实验项目探索与实施, 学生的创新能力和团队学习能力显著提高, 部分学生在结束了综合性与设计性实验的学习后, 对实验项目进一步拓展, 参加相关竞赛, 如在第八届全国大学生物理实验竞赛、第二十三届华南大学生物理实验设计大赛、第十七届广东省大学生物理实验设计大赛等比赛中, 取得了一等奖。同时部分学生将实验成果整理与指导教师合作在国内外杂志上发表论文[8]-[15]和申请专利[16] [17]。

7. 结论

针对大学物理实验对提升学生创新能力和团队协作能力的迫切需求, 本文以大学物理实验综合性与设计性实验项目探索与实施切入, 基于 OBE 理念, 以学生为本, 以成果、创新能力需求为导向, 建立了“项目式教学、团队创新、量表评价”的三位一体式大学物理实验综合性与设计性实验项目构建思路。同时以“透明液体浓度测量”实验为例, 详细介绍了对大学物理实验综合性与设计性实验的探索与实施, 希望能为大学物理实验创新实验教学改革提供借鉴与参考。

基金项目

教育部高等教育司产学合作协同育人项目(202101343012); 广东省科技创新战略专项资金(pdjh2023a0318, pdjh2023b0324); 广东省自然科学基金面上项目(2023A1515012854, 2024A1515011833); 广东省普通高校重点领域专项(2022ZDZX2041)。

参考文献

- [1] 文小青, 朱江, 王槿, 潘崇佩, 王铮, 惠王伟, 郑大怀, 王晓杰, 李文华, 张春玲, 李强, 刘东奇, 牛紫平, 钱钧, 姚江宏, 孔勇发. 角色反演, 探索大学物理实验教学质量提升途径——全国大学生物理实验竞赛教师交流会总结[J]. 物理与工程, 2022, 32(2): 40-49.
- [2] 赵宗坤. 应用型转型下大学物理实验仿真教学研究[J]. 黑龙江科技信息, 2017(13): 40-41.
- [3] 贾瑜, 王炜. 2023 版《理工科类大学物理课程教学基本要求》内容细化修订解读[J]. 物理与工程, 2024, 34(1): 3-10.
- [4] 李延. 新形势下普通高校物理实验教学中存在的问题及对策[J]. 西部素质教育, 2019, 5(24): 190.
- [5] 刘文彦, 王显德. 针对大学生创新能力培养的物理实验教学模式改革的探讨[J]. 大学物理实验, 2019, 32(2):

118-120.

- [6] 彭东青. 新工科背景下大学物理实验教学改革创新实践[J]. 湖北开放职业学院学报, 2023, 36(24): 176-178.
- [7] 钟瑞, 韩建卫, 过聪, 王拴, 纪纬, 张立彬. 创新物理实验教学: 光学实验在光纤通信中的应用实践[J]. 大学物理实验, 2023, 36(6): 29-33.
- [8] 黄贞, 李栋宇, 黄广华, 韦杰. 基于薄膜动圈式的次声波监测装置设计[J]. 大学物理, 2012, 31(3): 40-43.
- [9] 黄贞, 李栋宇, 吴林富, 高其中. 简易次声振动及监测实验装置设计[J]. 大学物理, 2012, 31(10): 31-34.
- [10] 黄贞, 吴林富. 便携式激光远程语音监听装置设计[J]. 激光与光电子学进展, 2012, 49(12): 121-206.
- [11] 高其中, 黄贞, 吴林富. 基于静电力偏移的弱静电场测量[J]. 大学物理, 2015, 34(9): 35-38.
- [12] 黄贞, 梁恩恩, 林雪桂, 黄明俊, 曾志明, 钟惠婵. 基于液体旋光效应的葡萄糖浓度测量[J]. 激光与光电子学进展, 2017, 54(6): 140-145.
- [13] 钟兰花, 陈静元, 刘家盈, 凌彩宁, 符栩铭, 蔡马赵, 黄贞. 基于线缺陷声子晶体的声波导设计[J]. 物理实验, 2019, 39(8): 9-13.
- [14] 张正贺, 黄贞, 陈汝婷, 薛晓惠, 严春晖, 黄恒烽, 李栋宇. 基于投影式背景纹影技术的火焰温度场测量仪设计[J]. 激光与光电子学进展, 2019, 56(5): 52803-52801.
- [15] 李栋宇, 黄贞, 李超旋, 张正贺, 张婷婷, 徐兵, 金肖, 王邓, 刘旭萍, 李清华, 郑剑虹. 基于正交反射多次旋光效应的葡萄糖浓度传感研究[J]. 激光与光电子学进展, 2022, 59(21): 244-249.
- [16] 李栋宇, 黄贞, 张正贺, 黄恒烽, 陈汝婷, 薛晓慧, 严春晖, 刘嘉惠. 一种基于投影式背景纹影技术的火焰温度场测量装置及方法[P]. 中国专利, z12018109237491. 2020-08-07.
- [17] 黄贞, 李栋宇, 郑剑虹, 李清华, 金肖, 徐兵, 张婷婷, 张正贺, 黄铭朗, 阮海静, 张壹清, 林圣又, 刘慧轩. 一种实时正交的激光自混合干涉位移测量仪及位移重构方法[P]. 中国专利, z12021105124960. 2023-03-28.